

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-189743

(43)Date of publication of application : 28.07.1995

(51)Int.Cl.

F02C 9/28

F23R 3/28

(21)Application number : 05-334922

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 28.12.1993

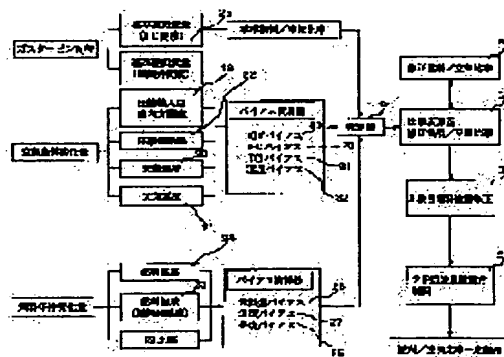
(72)Inventor : SATO ISAO  
KOMATSU YASUTAKA  
AZUHATA SHIGERU  
SHIMURA AKIRA  
HIROSE FUMIYUKI

## (54) GAS TURBINE COMBUSTOR CONTROL METHOD

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide a combustor control method with high reliability and low NO<sub>x</sub> by regulating second stage fuel flow so as to make fuel flow and air flow always certain fixed value in compliance with the airflow rate change and fuel flow rate change, thereby controlling to maintain stabilized combustion throughout the year.

CONSTITUTION: Input from momentarily changing compressor inlet guide valve opening output 19, atmospheric temperature output 20, atmospheric humidity output 21, compressor efficiency output 22, fuel heating value output 23, fuel temperature output 24, second stage fuel flow control valve opening (IFC) command 25 are respectively substituted with fuel density bias 26, fuel temperature bias 27, fuel heating value bias 28, IFC bias 29, IGV bias 30, TCI bias 29, IGV bias 30, TCI bias 31, atmospheric humidity bias 32. A second stage F2 fuel flow rate control valve 36 is then adjusted by an F2 fuel flow rate correction quantity control signal 35 so as to constantly maintain a second stage fuel/air ratio 34 set through a ratio computing element 33 computing a ratio on each bias through a judging element 32, thus controlling to maintain a constant fuel/air ratio.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 31.03.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 22.10.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-189743

(43) 公開日 平成7年(1995)7月28日

| (51) Int.Cl. <sup>6</sup> | 識別記号 | 片内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|---------------------------|------|--------|-----|--------|
| F 0 2 C 9/28              | C    |        |     |        |
| F 2 3 R 3/28              | Z    |        |     |        |

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平5-334922

(22) 出願日 平成5年(1993)12月28日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 佐藤 勲

茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

(72) 発明者 小松 康孝

茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

(72) 発明者 小豆畑 茂

茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービン燃焼器の制御方法

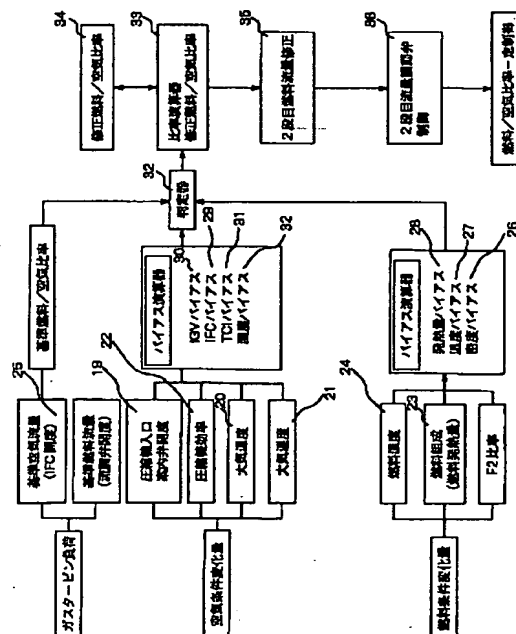
(57) 【要約】

【目的】 本発明は、年間を通じて安定化燃焼制御を行い信頼性の高い低NO<sub>x</sub> 燃焼器の制御方法を提供することを目的とする。

【構成】 ガスタービンの運用に伴う燃料、空気流量変化及び大気条件、燃料条件に応じて予混合部の空気流量を調整する手段として燃料流量調節弁の開度や、空気流量調整機開度を変化させることを介し、それぞれの流量を調整し、燃焼安定化を図る。

【効果】 年間を通じて空気流量条件変化、燃料流量条件変化に対応しこれらの変動に左右されず低NO<sub>x</sub> 化を行いながら、安定燃焼を行うことが出来る。

図 7



BEST AVAILABLE COPY

**【特許請求の範囲】**

**【請求項1】** ガスタービン出力に応じて燃料流量を制御すると共に燃料と混合される空気流量をある範囲内に制御するガスタービン燃焼器の制御装置において、空気流量変化及び燃料流量の変化に対応し、燃料流量と空気流量が常に或る一定値となるように2段目の燃料流量を調節することを特徴とするガスタービン燃焼器の制御方法。

**【請求項2】** 請求項1記載のガスタービン燃焼器の制御方法において、空気流量変化はガスタービンの運用に伴う圧縮機入口案内弁の変化、大気温度変化、大気圧力等変化を対象とし、燃料流量の変化はガスタービンの運用に伴う燃料流量変化、燃料温度変化、燃料発熱量変化を対象とし燃料流量と空気流量が常に或る一定値となるように燃料流量を調節することを特徴とするガスタービン燃焼器の制御方法。

**【請求項3】** 請求項2記載のガスタービン燃焼器の制御方法において、空気流量変化は2段目に流入する2段目空気流量を対象とし、燃料流量変化は2段目に供給される燃料流量を対象とし、2段目空気流量と2段目燃料流量の比率が一定範囲となるように2段目に供給される燃料流量を調節することを特徴とするガスタービン燃焼器の制御方法。

**【請求項4】** 請求項2記載のガスタービン燃焼器の制御方法において、空気流量変化は2段目に流入する2段目空気流量を対象とし、燃料流量変化は2段目に供給される燃料を対象とし、2段目空気流量と2段目燃料流量の比率が一定範囲となるように2段目に供給される2段目空気流量調節機構開度を変化することを特徴とするガスタービン燃焼器の制御方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

**【産業上の利用分野】** 本発明は環境対応型のガスタービン燃焼器の制御方法に関するものであり、特に、低NO<sub>x</sub>燃焼を実現させるための燃焼器の制御方法に関するものである。

**【0002】**

**【従来の技術】** 従来の制御は、特開昭60-91141号公報に記載の様にガスタービン用2段燃焼式低NO<sub>x</sub>燃焼器において2段目の空気流量をガスタービン出力変化によって制御している。

**【0003】** また、特開平2-33419号公報には、ガスタービン燃焼器において大気湿度変化に対して常に予混合燃焼の安定性向上を図りNO<sub>x</sub>排出量を低く抑えるために大気湿度を検知し、その検知信号によって2段目空気流量を変化させることが記載されている。

**【0004】** 更に、特開平5-187271号公報にも燃焼器の制御方法が開示されている。

**【0005】**

**【発明が解決しようとする課題】** 従来技術においては、冬季、夏季を通じてのガスタービン運用に伴う圧縮機入口案内弁変化や、大気条件変化及び燃料条件変化に対し、その対応が実現出来なかった。

**【0006】** そこで、本発明はかかる問題点を解決し、年間を通じて安定化燃焼制御を行い信頼性の高い低NO<sub>x</sub>燃焼器の制御方法を提供することを目的とする。

**【0007】**

**【課題を解決するための手段】** 本発明の環境対応型ガスタービン燃焼器の制御方法は、燃焼安定化を行いながら、低NO<sub>x</sub>燃焼を実現させるための燃焼制御方法に関するもので、ガスタービンの負荷運用に伴う空気流量変化や燃料流量変化及び、大気温度変化、湿度変化、燃料組成変化による燃料発熱量変化時とくに予混合燃焼の燃焼安定化を図るため常に予混合部の燃料と空気の比率を常に一定に保つように2段目の燃料流量や2段目の空気流量を調節する制御に関するものである。

**【0008】** 冬季、夏季を通じてのガスタービン運用に伴う圧縮機効率変化等の経時変化や圧縮機入口案内弁変化、大気条件変化及び燃料条件変化に対し、常に安定な予混合燃焼の燃料流量と空気流量を安定な燃焼範囲に保つ様に2段目に供給する燃料流量を制御し、且つ、2段目の空気流量調整を行うことによりその対応が出来るようにすることで、年間を通じて予混合安定化燃焼制御を行い信頼性の高い低NO<sub>x</sub>燃焼器の燃焼制御方法を提供する信頼性の高い低NO<sub>x</sub>燃焼器の燃焼制御方法を提供するものである。

**【0009】** そこで、本発明は、ガスタービン出力に応じて燃料流量を制御すると共に燃料と混合される空気流量をある範囲内に制御するガスタービン燃焼器の制御装置において、空気流量変化及び燃料流量の変化に対応し、燃料流量と空気流量が常に或る一定値となるように2段目の燃料流量を調節することを特徴とする。

**【0010】** 更に、空気流量変化はガスタービンの運用に伴う圧縮機入口案内弁の変化、大気温度変化、大気圧力等変化を対象とし、燃料流量の変化はガスタービンの運用に伴う燃料流量変化、燃料温度変化、燃料発熱量変化を対象とし燃料流量と空気流量が常に或る一定値となるように燃料流量を調節することが好ましい。

**【0011】** 更に、空気流量変化は2段目に流入する2段目空気流量を対象とし、燃料流量変化は2段目に供給される燃料流量を対象とし、2段目空気流量と2段目燃料流量の比率が一定範囲となるように2段目に供給される燃料流量を調節することが好ましい。

**【0012】** 更に、空気流量変化は2段目に流入する2段目空気流量を対象とし、燃料流量変化は2段目に供給される燃料を対象とし、2段目空気流量と2段目燃料流量の比率が一定範囲となるように2段目に供給される2段目空気流量調節機構開度を変化することが好ましい。

## 【0013】

【作用】ガスタービン出力に対する空気流量、燃料流量の基本制御値は安定な低 $\text{NO}_x$  燃焼ができるように設定されているが、その制御設定値は冬季、夏季を通じての一定値であり、このため、大気温度、圧力変化や湿度変化に対し、また、燃料組成、燃料温度変化に対応ができない。そこで、本発明は各ガスタービン出力状態において空気流量変化に影響を及ぼす、大気温度変化量、湿度変化量や圧縮機の効率低下量等に対し、また、燃料流量の変化に影響を及ぼす燃料温度変化量、燃料組成変化量、燃料発熱量の変化に対して常に一定の2 段目予混合燃焼の燃料と空気の重量比になるように2 段目に供給される燃料流量もしくは空気流量の調整を行うことにより、その対応が出来るようにする。

## 【0014】

【実施例】図1に本発明の一実施例を示す。図1は予混合燃焼方式を採用した2 段燃焼式低 $\text{NO}_x$  燃焼器の断面図が示されている。本図において、圧縮機1 からの空気2 は燃焼器3 へと導かれ燃焼ガス4 となってタービン部5 へと流入するようになっている。

【0015】燃焼器3 は1 段目燃焼部6 と2 段目燃焼部7 より構成されており、燃料供給は1 段目燃焼部6 への燃料8 と2 段目燃焼部への燃料9 の供給によって行う。2 段目燃焼部7 は燃焼用空気10 と燃料ノズル11 からの燃料9 が予混合内部12 にて混合する予混合方式を採用している。

【0016】燃焼用空気10 の流量調節は空気流量調節機13 によりガスタービン負荷の上昇、降下に伴う燃料流量の変化に応じて規定の開度に調整され、燃料9 と空気10 のある一定範囲の重量流量比になるように制御される。

【0017】本発明は2 段燃焼式低 $\text{NO}_x$  燃焼器において燃料流量と空気流量の調節に関するものであり、この部分について説明を加える。圧縮機1 からの空気2 は燃焼器3 へと導かれ燃焼ガス4 となってタービン部5 へと流入するようになっている。燃焼器3 は1 段目燃焼部6 と2 段目燃焼部7 より構成されており、燃料供給は1 段目燃焼部6 への燃料8 と2 段目燃焼部への燃料9 の供給によって行う。それぞれの燃料系統8, 9 には燃料調節弁13, 14 が設けられている。1 段目燃料8 は1 段目燃料調節弁13 を介して1 段目燃料ノズル16 へ供給され、2 段目燃料9 は2 段目燃料調節弁14 を介して2 段目燃料ノズル11 へ供給される。

【0018】圧縮機1 へ流入する空気1A は圧縮機入り口案内弁18 により調整され燃焼器3 へ導かれる空気2 は1 段目燃焼部6 への空気2A と2 段目燃焼部(予混合燃焼部)7 への空気2B 及び冷却用空気2C に別れ供給される。2 段目の空気2B は空気流入穴部10 を覆い空気流入穴部面積を変える様に構成する空気流量調整機構(リング形状)17 によって調整される。

【0019】2 段目は空気2B と燃料11 とを予混合燃焼部7 に供給される前に混合する予混合部12 で混合された予混合燃料ガスとなり予混合燃焼部7 で燃焼する。

【0020】図2, 図3 に本発明における燃料投入と空気流量変化例を示す。ガスタービン着火は1 段目燃料のみを供給することで行い、起動/昇速後、無負荷を経て約30~50%負荷までは1 段目燃料の燃焼で行う。それ以上の負荷では1 段目燃料に加えて2 段目燃料を供給する。2 段目燃料の切替え時には100%負荷時の2 段目燃料流量に比べて流量は約1/2 以下に減少する。このため2 段目の燃料と空気流量比率を常に一定に保つため空気流量も約1/2 以下に減少する調整が必要である。2 段目燃料供給後における負荷上昇は1, 2 段目の燃料を同時に増加するか、或いは1 段目の燃料増加を抑え、2 段目の燃料供給を主体にして行うこともある。

【0021】図3 は2 段目の燃料流量の増加、減少時にはこれに見合う様に常に一定燃料/空気流量比率を保つように2 段目の空気流量を空気流量調整機構を介して増加、減少することで2 段目の着火から定格負荷までの対応の様子を示す。2 段目の着火時には2 段目の燃料流量が少ないため2 段目の空気流量を減少することが必要であるため空気流量調整機構開度を絞る制御をしている。この様に空気流量はガスタービンの負荷条件によってほぼ基本流量は定められる。一方、燃料は天然ガスを用いておりガス圧縮機により高圧ガス化し、ガスタービンに供給するため圧縮熱の変化や大気温度変化による配管からの熱放散により燃料温度が変化する。

【0022】さらに、燃料組成変化に起因し、燃料発熱量は8600~11000 kcal/Nm<sup>3</sup>に変化する。燃料発熱量が変化することは入熱量が変化することであり、燃料流量が変化するのと同等と考える事が出来、したがって、発熱量変化は燃料流量が約28%変化するに匹敵する。また、燃料の制御は燃料調節弁の開度を変化することで行っているために燃料温度は約10℃~150℃に変化し、温度変化による燃料密度変化により燃料流量は約22%変化する。この様な燃料状態の変動は不定期に発生するため、この変化に追従し一定の燃料/空気比率となるように2 段目燃料流量を調整するか、あるいは空気流量を調整することが必要である。

【0023】一方、冬季、夏季を通じての大きな空気流量変化はガスタービンの負荷運用によって変化する圧縮機入口案内弁18 の開度変化に影響される。同一負荷条件でも圧縮機入口案内弁の開度は大気温度変化によって変化する様に制御され、空気温度が高い場合は案内弁18 の開き始めるポイントは低負荷側に移行するため空気流量が変化することになる。

【0024】このように、同一燃料流量に於いても圧縮機入口案内弁の開度が変化する事で空気流量が大幅に変化することを示し、圧縮機入口案内弁の開度の変化による空気流量の変化様子を図4 に示す。圧縮機入口案内

弁開度が一定となる低負荷および定格負荷近傍では一定開度時においても大気温度変化すると空気の密度変化により、空気流量が変化し、大気温度が高い夏季(30℃)に対し、大気温度の低い冬季(0℃)に於ける空気流量は約8%増加する様子も図5に示す。ガスタービンの負荷運用に準じて燃料流量及び空気流量が変化しますが、2段目予混合燃焼の安定性を保つためには空気流量、燃料流量の変化に対応して2段目に供給する燃料流量と空気流量との比率を一定範囲になるように制御することが2段目燃焼安定性能を向上するポイントである。本発明は空気、燃料流量の変化に準じて常に一定の燃料/空気比率を保つように2段目の空気流量を基準にして2段目の燃料制御弁を介して2段目燃料流量を調整するか、或るいは空気、燃料流量の変化に準じて2段目の燃料流量を基準にして空気流量調整機構を制御することで2段目の空気流量を調整するいずれの方法がとられ、いずれでも対応が可能であることである。2段目の燃料流量と空気流量を常に一定となる制御を行う為には基準空気流量及び基準燃料流量に対し空気、燃料の変化量を入力することが必要である。

【0025】空気流量変化に及ぼす要因は大気温度、圧縮機入口案内弁開度、及び空気流量調整機構開度変化等があり、燃料流量変化に及ぼす要因は燃料調節弁開度、燃料温度、燃料組成、及び燃料発熱量変化等がある。

【0026】2段目燃空比制御のポイントは基準の燃料流量及び空気流量に対して空気流量に及ぼす要因の変化量と燃料流量に及ぼす要因の変化量を考慮し、基準の燃料流量に対して空気流量変化分と燃料流量の変化分を考

$$\begin{aligned} F2FFD &= F2 \text{ 比率} * FFD0 * \alpha \\ &= F2 \text{ 比率} * FFD0 * (\gamma F0 / \gamma F) * (TF / TF0) \\ &\quad * ((A2 / At) / (A2 / At)0) * Wa / Wa0 \end{aligned}$$

( $\gamma F0 / \gamma F$ ) : f (燃料密度バイアス)

( $TF / TF0$ ) : f (燃料温度バイアス)

(( $A2 / At$ ) / ( $A2 / At$ )0) : f (IFCバイアス)

( $Wa / Wa0$ ) : f (IGVバイアス, TCIバイアス)

$$\begin{aligned} F2FFD &= F2 \text{ 比率} * FFD0 * f(\text{燃料密度バイアス}) * f(\text{燃料温度} \\ &\quad \text{バイアス}) * f(\text{IFCバイアス}) * f(\text{IGVバイアス}, \\ &\quad \text{TCIバイアス}) \end{aligned}$$

実際に制御する場合には2段目基準燃料指令信号(F2FFD0)に対して空気条件変化修正及び燃料条件修正変化分を2段目基準燃料流量指令信号に加算することで2段目燃料/空気流量を一定範囲に保持するものである。

【0033】図7、図8に圧縮機入口案内弁開度変化、大気温度変化、大気湿度変化及び燃料温度、発熱量の変動に応じて2段目の燃料流量を調節することによって燃料流量増、減に起因する燃焼不安定や火災接近による現象発生を防止出来る制御系統例を示す。

【0034】時々刻々変化する圧縮機入口案内弁開度出

慮し、修正した燃料流量と空気流量の比率が常に一定の比率になるように調整することであり、この様子を図6に示す。横軸はガスタービンの負荷制御に相当する燃料流量制御信号を示し、縦軸は2段目燃料流量制御信号を示す。2段目燃料/空気比率の一定制御については $F2/A2 = \text{基準燃料流量} / \text{基準空気流量} = \text{修正後燃料流量} / \text{修正後空気流量}$ となることを基準に考える。

【0027】図6中A点を基準全燃料流量: FFD0, 基準2段目燃料流量: F2FFD0, 基準2段目空気流量: A20, 修正後2段目燃料流量: F2FFD, 修正後2段目空気流量: A2で示す。

【0028】2段目の燃料流量は下式で示され、 $F2FFD = (F2 \text{ 比率} * FFD0) * \alpha$ ここで $\alpha$ は2段目燃空比一定とするためのバイアス量である。

【0029】任意のガスタービン負荷における燃料流量: FFD0及び圧縮機吸込空気流量計算値: At, 圧縮機入口案内弁開度: IGV, 大気温度: TCIとすると空気流量調整機構開度: IFC(IFC開度によるA2量比;  $A2/At$ ), 圧縮機吸込み空気流量: Wa,  $Wa0$ )における2段目燃空比:  $F2/A2$ で示され、 $F2/A2 \propto (F2 \text{ 比率} * FFD0) * \alpha / ((A2/At) * Wa) = (F2 \text{ 比率} * FFD0) / ((A2/At) * Wa0)$

となる。

【0030】したがって、2段目の燃料流量は下式の様に示される。

【0031】

ス)

修正後の2段目燃料流量は各バイアス調整により下式にて表せる。

【0032】

力19, 大気温度出力20, 大気湿度出力21, 圧縮機効率出力22, 燃料発熱量出力23, 燃料温度出力24, 2段目燃料調節弁開度(IFC)指令25からのそれぞれの入力に対して燃料密度バイアス26, 燃料温度バイアス27, 燃料発熱量バイアス28, IFCバイアス29, IGVバイアス30, TCIバイアス31, 大気湿度バイアス32に置き換え、それぞれのバイアスについて判定器32を介し、比率演算器33を介して設定された2段目の燃料/空気比率34に一定に保つように調整する手段とし、図7に2段目燃料流量を制御する方法としてF2燃料流量修正量制御信号35により2段目

のF2燃料流量調節弁36(図1では燃料調節弁14)を調整することで一定燃料/空気比率になる様に制御する。

【0035】また、2段目の燃料/空気比率34に一定に保つように調整する手段として2段目空気流量修正量制御信号37により2段目の空気流量調整機構開度(IFC)38(図1では空気流量調節弁10)を調整することで一定燃料/空気比率になる様に制御する。それぞれのバイアスについて演算器を介し、2段目の燃空比を一定に保つように調整する手段として2段目燃料流量及び空気流量修正制御信号によりIFC開度もしくは2段目燃料流量の制御するのが効果的であり、燃料もしくは空気流量の修正を行うことにより、年間を通じて安定な燃焼を持続することができる。

【0036】年間を通じたガスタービン運転状態から2段目の予混合部における予混合燃料ガスの流出速度:  $v$  とF2/A2との関係を図9に示す。F2/A2が小さく燃料が少ないために燃焼不安定となる領域A及び逆にF2/A2が大きく燃料が多いために燃焼火炎が予混合出口に接近する領域Bが存在し、最適なF2/A2と流出速度:  $v$  との関係を維持するようにF2流量の制御を行うものである。

【0037】本発明によるF2/A2制御を行った結果を図10に示す。

【0038】年間を通じて行った場合の結果であり、燃焼不安定現象の発生はなく、火炎接近する状態もなく一定の燃料/空気を保つような制御を実施することにより安定な燃焼が出来ることを確認した。

【0039】従って、出力一定で圧縮機入口案内弁一定の場合には空気流量は基本的には変化しないと考えられているが、圧縮機の効率低下や、大気温度変化、湿度変化により空気流量の変化が生じ、且つ、燃料温度変化および燃料組成変化により予混合燃焼状態が変化し、この変化に対応できず不安定燃焼に至り、負荷低下や燃焼振動が大きくなり、かつ、ガスタービンの排気ガス温度差

が大きくなる等の欠点を本発明は解決できる。

【0040】冬季、夏季を通じてのガスタービン運用による圧縮機入口案内弁の変化や圧縮機効率低下、大気温度、湿度、大気圧力等の大気条件変化に対し、また、燃料組成変化、燃料温度変化、燃料発熱料の変化等燃料条件変化に対応する燃焼安定性向上が記載されておらず年間を通じての安定燃焼制御が出来ないという問題を本発明は解決できるという効果を有している。

【0041】

【発明の効果】本発明により低NOx燃焼器において年間を通じて変化する空気流量条件変化および燃料流量条件変化に対して常に一定の2段目燃空比に保つことから低NOx燃焼を行うことが出来、ガスタービン運用を効率良く行うことが出来る効果を生ずる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の予混合燃焼方式を採用した2段燃焼式低NOx燃焼器の断面図。

【図2】ガスタービン出力に対する空気流量の基本制御線図。

【図3】ガスタービン出力に対する燃料流量の基本制御線図。

【図4】本発明における大気温度変化に対応する圧縮機入口案内弁開度変化例を示す図。

【図5】本発明における大気温度変化に対応する空気流量変化例を示す図。

【図6】本発明におけるF2FFD補正例を示す図。

【図7】本発明による制御実施系統例(1)を示す図。

【図8】本発明による制御実施系統例(2)を示す図。

【図9】従来の年間を通じた燃料、空気条件変化に対応した状態変化例を示す図。

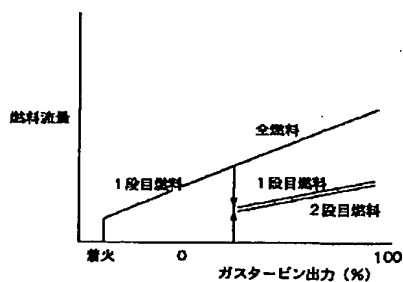
【図10】本発明による年間を通じた燃料、空気条件変化に対応した効果例を示す図。

【符号の説明】

1…圧縮機、3…燃焼器、5…タービン。

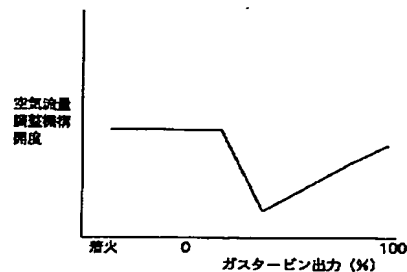
【図2】

図 2

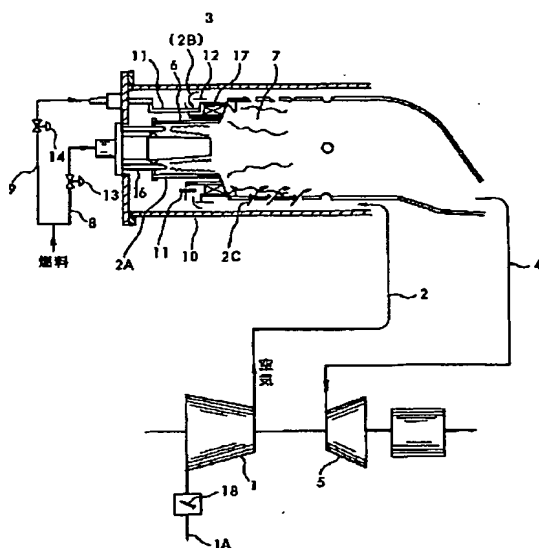


【図3】

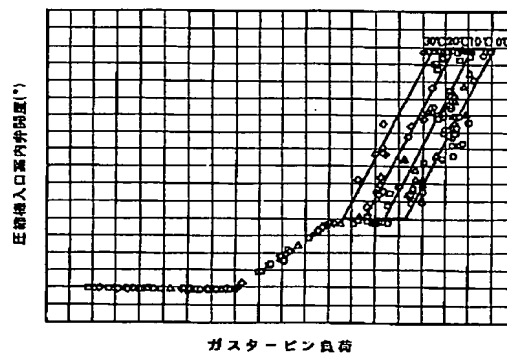
図 3



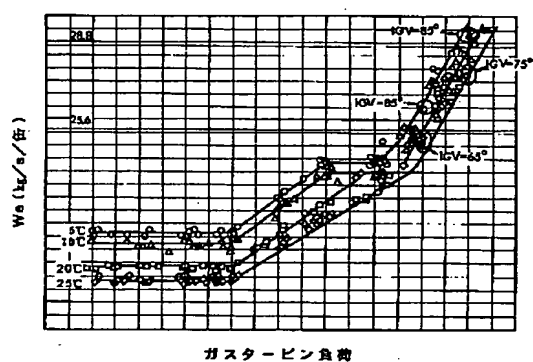
■ 1



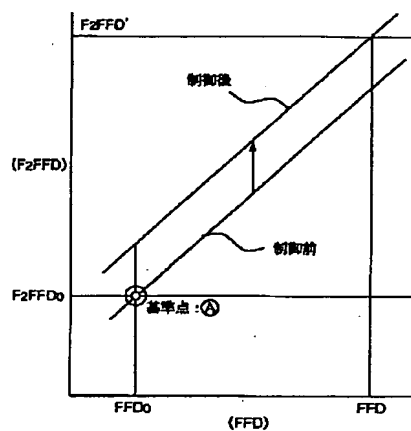
4



**B4 5**



**6**





【図7】

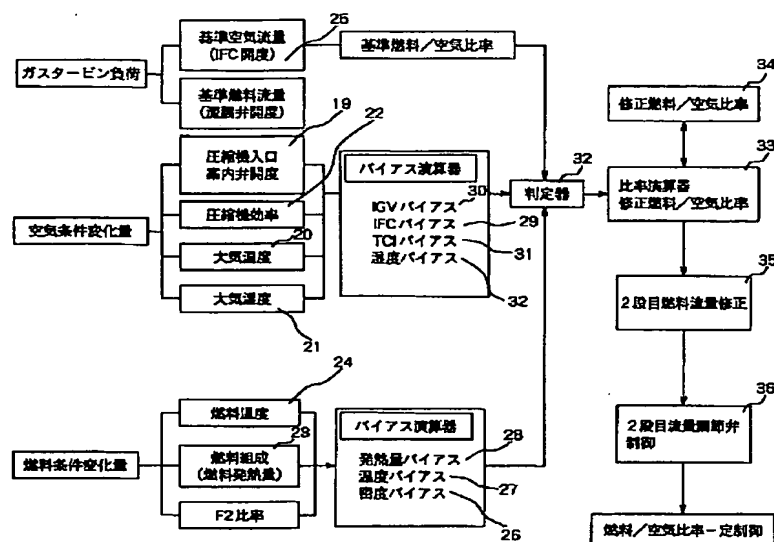


図 7

【図8】

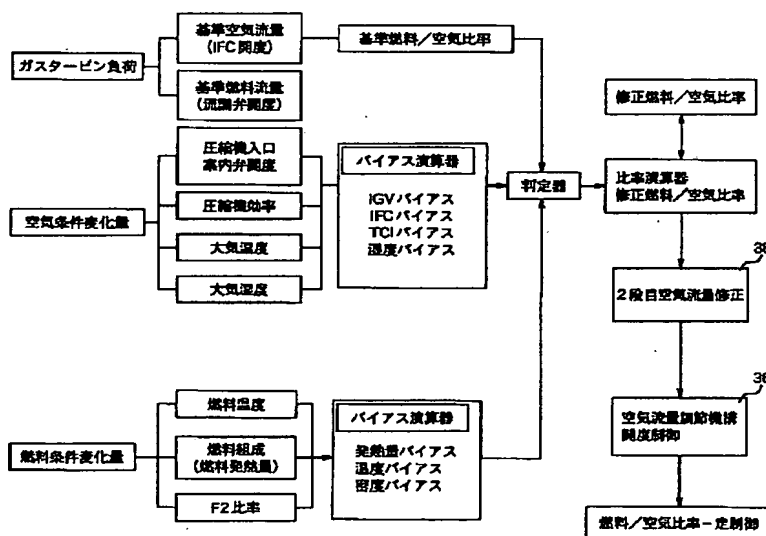
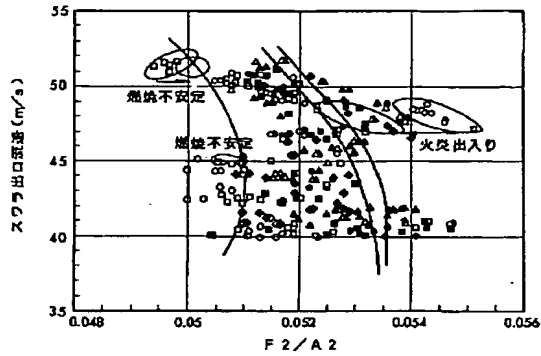


図 8

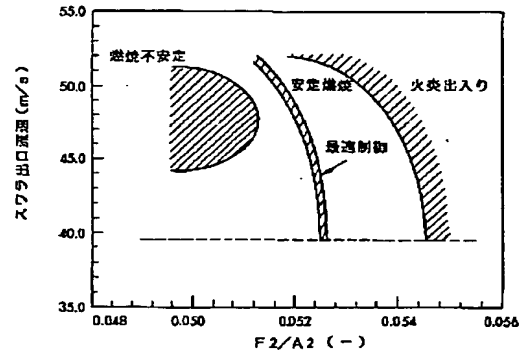
【図9】

図 9



【図10】

図 10



フロント ページの続き

(72)発明者 志村 明

茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会  
社日立製作所日立工場内

(72)発明者 広瀬 文之

茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会  
社日立製作所日立工場内